

щих газов при их дожигании в отдельном подогревателе исходных компонентов.

Особенность технологии утилизации ваграночных газов заключается в предварительном подогреве запыленных газов до температуры 160 °С в пылеочистном аппарате инерционного типа. Более глубокая очистка газов осуществляется в рукавном фильтре. Степень очистки запыленных газов при реализации двухступенчатой схемы очистки газов составит не ниже 80–90 %. Очищенные от пыли ваграночные газы направляются во вторую секцию теплообменника, где они подогреваются продуктами горения из камеры дожига до температуры, обеспечивающей сжигание СО при наличии внешнего источника тепла. Процесс дожига монооксида углерода осуществляется в отдельной топке, где обеспечивается формирование горючей газозооушной смеси из подогретых ваграночных газов и холодного воздуха из атмосферы при наличии запальной горелки. Этот процесс ограничивается по максимальной температуре продуктов сгорания, уровень которой задается конструкцией последующих теплообменников. Отводимые горячие газы направляются на теплообменные поверхности для подогрева исходных компонентов основного процесса. Этот процесс осуществляется в трех секциях. Первая и третья секции по ходу движения горячих газов предназначены для подогрева воздуха, поступающего на вагранку. Вторая секция предназначена для подогрева ваграночных газов, поступающих на дожиг.

Данный способ позволяет утилизировать монооксид углерода в ваграночных газах, добиться высокой степени их очистки и регенерации образующейся теплоты в вагранку с повышением ее КПД.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИЙ КЛИНКЕРООБРАЗОВАНИЯ

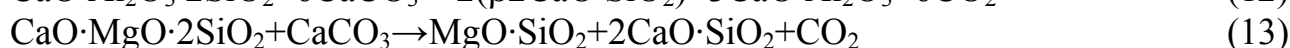
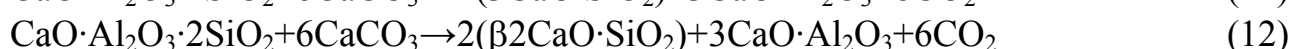
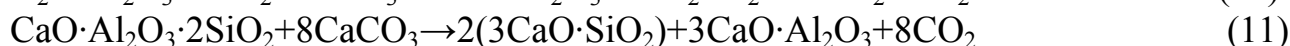
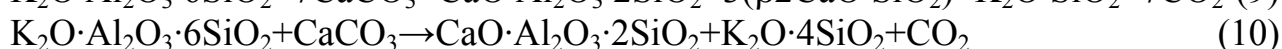
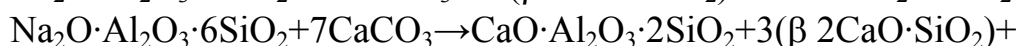
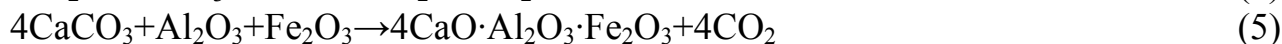
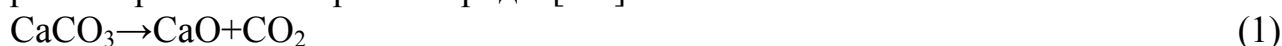
*Гаврилюк М.Н., Семериков И.С.
УрФУ, e-mail: dmik@pochta.ru*

Целью данной работы является термодинамическое изучение возможности получения основных клинкерных минералов из смеси известняка и горной породы Среднего Урала (гранодиорит, горнблендит, фельзит, липарит) при пониженной температуре обжига сырьевой смеси.

Гранодиорит состоит из полевого шпата и кварца с небольшим содержанием Fe_2O_3 . Липарит состоит из следующих минералов: кварца, 2-х валентного железа, анортита ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), пироксена, а также содержит незначительное количество роговой обманки. Фельзит является разновидностью липарита, отличаясь малым содержанием оксидов железа, и состоит из кварца, альбита, ортоклаза. Горнблендит является яснокристаллической магматической породой, состоящей преимущественно из роговой обманки. Все исследуемые горные породы в настоящее время применяются в качестве строительного щебня.

Для того, чтобы узнать возможность протекания реакций горных пород с известняком с целью получения традиционных клинкерных минералов, проведем термодинамические расчеты. Для упрощения расчетов рассмотрим взаимо-

действие известняка с минералами (формулы с 1 по 14), из которых состоят рассматриваемые горные породы [1-3].

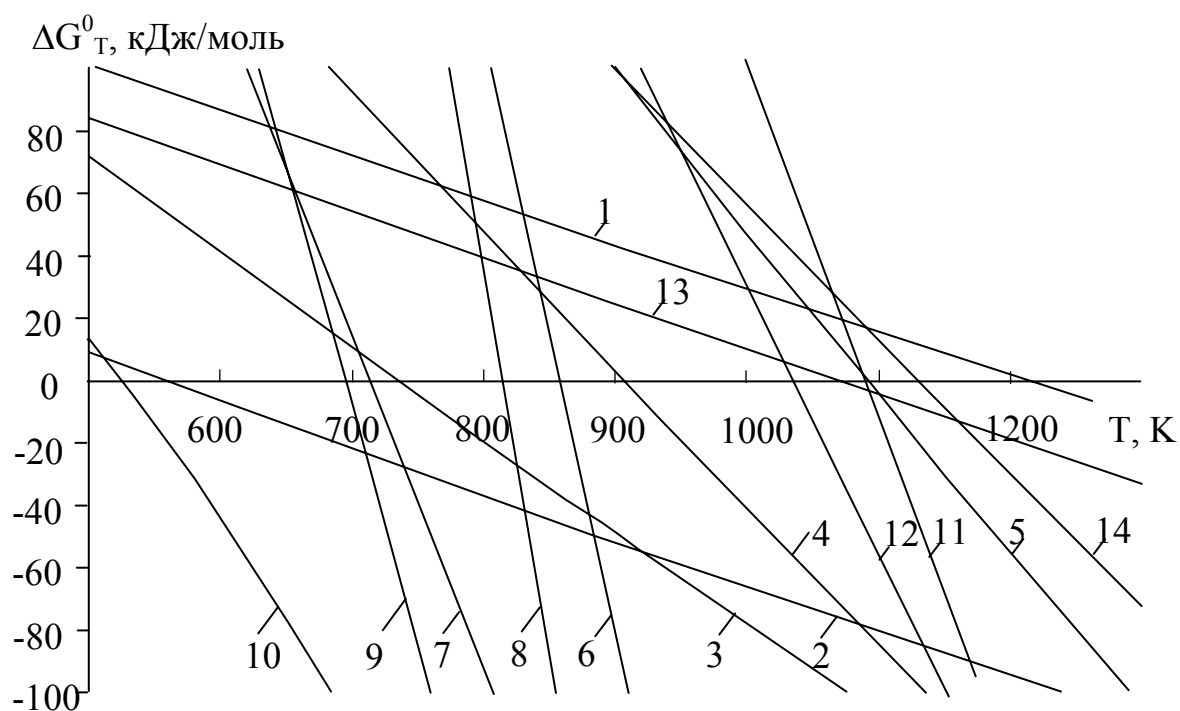


Свободная энергия Гиббса (ΔG^0_T) рассчитывалась по стандартной методике [1-3]. Результаты термодинамических расчетов представлены в таблице и на рисунке.

Термодинамические характеристики реакций

№ реакции	ΔH^0_{298} , кДж/моль	ΔG^0_{298} , кДж/моль	Значения коэффициентов, Дж/моль·град					$-\Delta H_0$, Дж/моль	Е	$T_{\text{начала реакции}}, K$
			Δa	$\Delta b \cdot 10^3$	$0,5\Delta b \cdot 10^3$	$\Delta c \cdot 10^{-5}$	$0,5\Delta c \cdot 10^{-5}$			
1	177,94	130,29	-11,56	-8,37	-4,19	10,89	5,44	185407,28	-239,77	1212
2	88,76	40,70	4,14	-32,15	-16,08	1,42	0,71	89430,39	-143,11	557
3	229,48	132,30	-16,04	-23,15	-11,58	15,83	7,91	240595,88	-440,38	735
4	420,86	275,66	-19,51	-36,93	-18,46	21,06	10,53	435377,90	-628,91	906
5	631,93	431,99	-72,01	-74,40	-37,20	110,03	55,02	693620,42	-1175,40	1092
6	1784,75	1155,98	-148,80	-74,15	-37,07	-138,16	-69,08	1786019,60	-3128,59	858
7	841,67	503,92	-80,89	-32,53	-16,27	-202,14	-101,07	799390,00	-1684,80	713
8	1843,03	1212,75	370,78	60,88	30,44	2,68	1,34	1730732,18	386,27	815
9	899,95	560,70	438,69	102,49	51,25	-61,29	-30,65	744102,58	1830,07	696
10	172,79	103,41	462,68	203,94	101,97	-53,30	-26,65	7969,10	2926,60	525
11	1325,83	938,76	-74,86	-69,17	-34,58	74,44	37,22	1376193,64	-1820,85	1090
12	943,08	652,05	-67,91	-41,62	-20,81	63,97	31,99	986629,61	-1443,79	1035
13	162,03	111,03	-27,21	11,10	5,55	26,71	13,36	178610,04	-350,07	1067
14	515,44	365,42	-57,90	8,42	4,21	58,66	29,33	552002,09	-888,68	1130

Проанализировав результаты расчета свободной энергии Гиббса от температуры, можно выстроить реакции образования C_2S и C_3A из минералов, составляющих горные породы и известняка, в следующий ряд в порядке увеличения температуры возможности реакции ($T_{\text{начала реакции}}$): ортоклаз $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ 696 К (реакция 9); альбит 713 К (реакция 7); кварц SiO_2 735 К (реакция 3); ортоклаз 815 К (реакция 8); альбит $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ 858 К (реакция 6); анортит $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ 1035 К (реакция 12); пироксен $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$ 1067 К (реакция 13).



Зависимость свободной энергии Гиббса от температуры для реакций взаимодействия известняка с минералами и оксидами, из которых состоят горные породы Среднего Урала (номера кривых соответствуют номерам реакций)

Все реакции образования белита ($2CaO \cdot SiO_2$), алита ($3CaO \cdot SiO_2$), браунмиллерита ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$), алюмината ($3CaO \cdot Al_2O_3$) могут протекать при низких температурах от 525 К до 1250 К.

На основании проведенных термодинамических расчетов можно рекомендовать применять горные породы Среднего Урала в качестве алюмосиликатного и железосодержащего компонента для производства портландцементного клинкера с пониженной температурой обжига.

Библиографический список

1. Бобкова Н.М. Сборник задач по физической химии силикатов и тугоплавких соединений: Учеб. пособие для вузов/ Н.М. Бобкова, Л.М. Силич, И.М. Терещенко // Минск, 1990, 175 с.
2. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов / Под ред. О.П. Мчедлов-Петросян. М., 1986. 408 с.
3. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. М., 1989. 384 с.